

**GUIA SOBRE ESPECIFICACIONES
Y CARACTERISTICAS TECNICAS
DE GRUAS DE PORTICO,
PARA PATIO DE CONTENEDORES**

Instituto Mexicano del Transporte
Secretaría de Comunicaciones y Transportes

Publicación Técnica No.81
Sanfandila, Qro. 1995

**Instituto Mexicano del Transporte
Secretaría de Comunicaciones y Transportes**

**Guía sobre especificaciones
y características técnicas
de grúas de pórtico,
para patio de contenedores**

INDICE

	Página
1. Introducción	1
2. Características de las grúas de pórtico para patios	3
2.1 Principios de funcionamiento - Descripción general de la grúa, sus sistemas y la función que desempeñan	
2.2 Capacidad de levante - Definición y análisis de capacidad de levante	5
2.3 Dimensiones del pórtico - Definiciones, nomenclatura y datos comerciales	7
2.4 Velocidades de operación - Definiciones, tipo de ciclo y datos comerciales	10
2.5 Sistema de propulsión y control - Sistemas utilizados y su principio de funcionamiento	12
2.6 Micromovimientos y sistema antipéndulo - Descripción general y funciones	18
3. Descripción de los sistemas	23
3.1 Estructura metálica - Formas de la estructura, materiales, corrosión	23
3.2 Sistema de izaje (malacate) - Sistema de cableado. Diámetro del cable	27
3.3 Trole y su sistema de avance - Descripción de diferentes sistemas utilizados, sus ventajas y desventajas.	32
3.4 Traslación de la grúa - Sistemas utilizados y control de rectilinealidad de movimientos	33

Indice

	Página
3.5 Sistema de dirección - Función y sistemas utilizados	35
3.6 Sistema antipéndulo - Utilidad del sistema.	36
3.7 Spreader - Funcionamiento, sistemas telescópicos y twist locks	37
4. Normalización Internacional	41
4.1 Factores considerados	41
4.2 Índice de normas relacionadas con grúas	42
5. Referencias	45

Reconocimientos

Este trabajo fue realizado por Kazimierz Jan Osicki Matecka y Alejandro Lozano Guzmán, con la colaboración de José Ricardo Hernández Jiménez y Socorro Alvarez Tostado.

1. INTRODUCCION

El uso de los contenedores en el transporte mundial es cada vez más amplio. Por ejemplo, la fabricación mundial de los contenedores en el año 1989 llegó a 791,000 TEU (*twenty equivalent units**), mientras que en 1986 fue de 430,000 TEU (CARGOWARE INT., enero, 1990), lo que significa que casi se duplicó en 3 años. Se estima que actualmente se encuentran en uso aproximadamente 5.5 millones de TEU y alrededor de 300,000 TEU de la producción anual se destina al reemplazo de los contenedores viejos, mientras que la cantidad restante de cada año constituye el crecimiento neto.

Actualmente, una de las principales características de la economía nacional es la amplia apertura al comercio internacional. Por esta razón se ha venido aumentando la capacidad de los puertos mexicanos en cuanto a carga y descarga de contenedores. Una de las acciones indispensables para lograr este propósito es equipar algunos de los puertos con la maquinaria adecuada, moderna y eficiente.

El primer eslabón de la cadena de equipos portuarios de alto rendimiento para el manejo de contenedores, es la grúa de muelle que traslada los contenedores del barco al muelle o viceversa. Una vez en tierra, los contenedores se trasladan al patio donde son manejados por los equipos de patio, como grúas de pórtico (sobre neumáticos o rieles), montacargas, cargadores frontales, telescópicos, carros estibadores (*straddle carriers*), entre otros, (estos últimos también transportan contenedores del muelle al patio).

Los análisis recientes muestran que precisamente las grúas de pórtico para patio, son las que tienen mayor aceptación en el mundo y están ganando la competencia con otros equipos, sobre todo contra los *straddle carriers*. Esto se debe a su mayor versatilidad, rendimiento y mejor aprovechamiento del área de patio.

En este contexto, el conocimiento detallado de las grúas de pórtico es fundamental, ya sea para fines de adquisición, reparación o mantenimiento.

Es por esto que en este trabajo se presentan los principios de operación y se describen los sistemas que componen la grúa. Se espera que este compendio sea de utilidad, tanto para la mejor operación y mantenimiento de las grúas existentes como para la especificación de nuevos equipos.

* Nota. Un TEU es el equivalente a un contenedor de 20 pies de largo



2. CARACTERISTICAS DE LAS GRUAS DE PORTICO PARA PATIOS

2.1 Principios de funcionamiento y sistemas principales.

En la figura 1 se muestra el croquis simplificado de una grúa portac contenedores sobre neumáticos (*rubber-tyred container yard gantry crane*). Los principales sistemas que conforman la grúa son:

- 1) Estructura metálica de pórtico.
- 2) Carro transversal llamado trole, con su mecanismo de avance.
- 3) Torno o malacate con cuatro "gargantas" para los cables mecánicos.
- 4) Neumáticos para traslación del pórtico con su propulsión y sistema direccional.
- 5) Bastidor de izaje conocido comúnmente por su nombre en inglés *spreader*, para engancharse con el contenedor y permitir su manejo.
- 6) Sistema de propulsión general de la grúa (Diesel-eléctrico o Diesel-hidráulico).
- 7) Cabina del operario, sistema de control de la grúa y sistema de alumbrado.

Aparte de estos sistemas básicos, la mayoría de las grúas modernas vienen equipadas con dos sistemas adicionales que son:

- a) Sistema de "micromovimientos" del *spreader* que permite realizar pequeños movimientos del mismo, a fin de engancharlo con el contenedor o depositarlo con precisión, minimizando la necesidad de mover el pórtico o el trole. Este sistema permite efectuar los siguientes movimientos:
 - Inclinación lateral (*list*), normalmente dentro del rango $\pm 5^{\circ}$.
 - Inclinación longitudinal (*tilt, trim*), en el rango $\pm 3^{\circ}$.

- Giro con respecto al eje vertical (*skew*), en el rango de 8° a 10° .
 - Traslación longitudinal (*translate*), en algunos casos.
- b) Sistema antipéndulo (*anti-sway system*), que reduce las oscilaciones del contenedor suspendido sobre los cables durante los movimientos, ya sea del troleo o del pórtico, permitiendo la operación con velocidades más altas.

Estos dos sistemas, junto con la posibilidad de contar con velocidades variables en las propulsiones de los sistemas básicos, aseguran el control preciso y eficiente de la grúa aumentando su productividad.

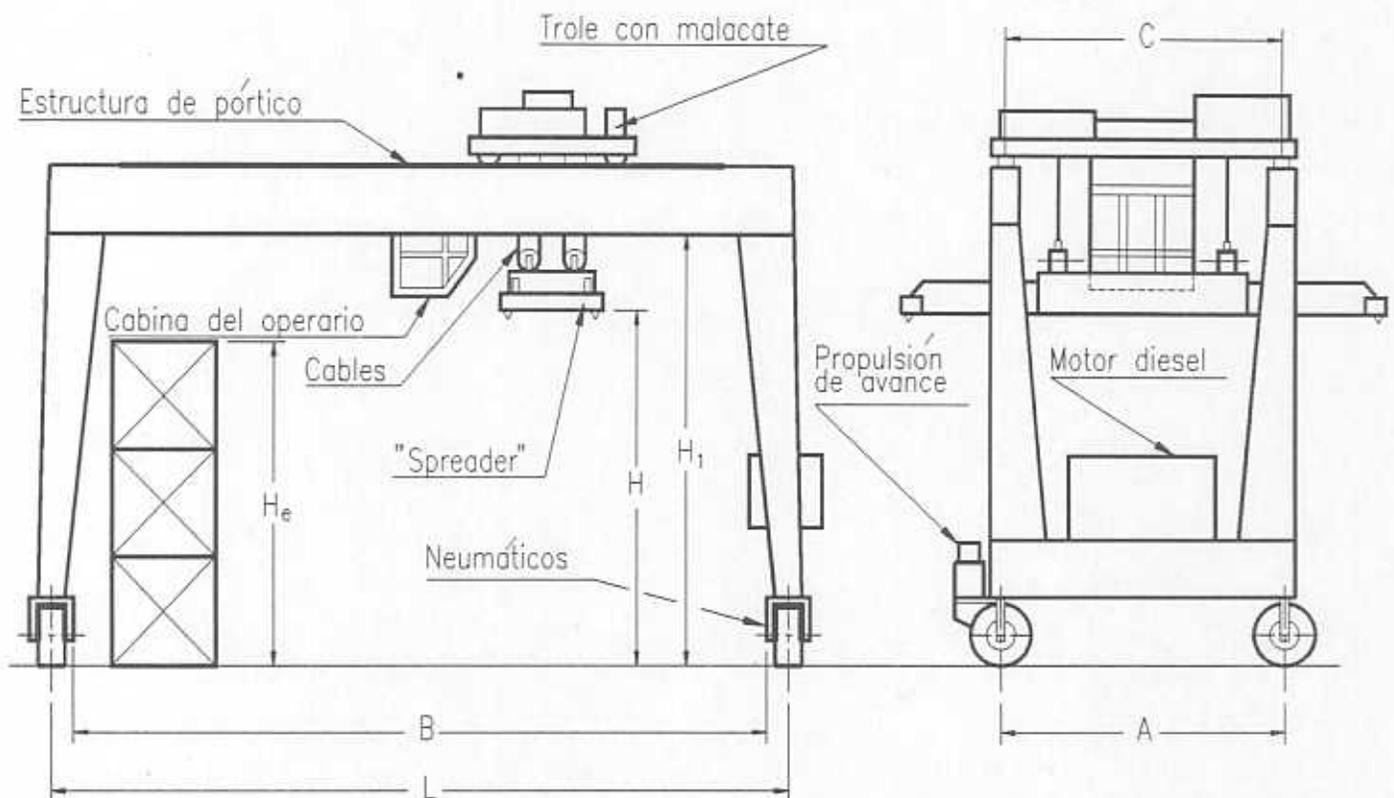


Figura 1. Grúa de pórtico para patio de contenedores.

Además, algunas grúas pueden ser equipadas con un sistema de giro completo del spreader con respecto al eje vertical (360°), sistemas de corrección automática de avance rectilíneo del pórtico, sistemas de identificación y localización automática de los contenedores en el patio.

La fuerza motriz para lograr todos los movimientos se obtiene de un motor Diesel (es posible que haya más de uno), el cual a su vez impulsa un generador eléctrico (de corriente directa o alterna), o un sistema de bombas hidráulicas. Los sistemas finales de la grúa pueden ser propulsados por motores eléctricos de corriente directa, de corriente alterna o por motores hidráulicos conformando así el sistema de propulsión clasificado como:

- I) Diesel-eléctrico de corriente directa
- II) Diesel-eléctrico de corriente alterna
- III) Diesel-hidráulico (hidrostático)
- IV) Diesel-eléctrico-hidráulico (mixto)

En la actualidad, las mejores grúas tienen el sistema de propulsión Diesel-eléctrico de corriente directa, que supera a los demás en cuanto a las características dinámicas y calidad de control, aunque es el más caro. El segundo más utilizado es el sistema Diesel-hidráulico y los sistemas restantes parecen no tener hasta ahora mayor importancia práctica.

2.2 Capacidad de levante

Según la práctica común establecida en el diseño y fabricación de grúas y asentada en la normalización internacional vigente (por ejemplo BS 466:1984), el término "CAPACIDAD MAXIMA DE LA GRUA" (*Maximum capacity, safe working load of a crane*) es la suma del peso máximo de la carga que puede ser operada, más el peso del dispositivo para aplicar la carga (*load-handling device*) tal como una "almeja" o un electroimán. El peso del gancho no se considera.

En el caso de grúas para contenedores equipadas de *spreaders*, la capacidad máxima de la misma, de acuerdo con esta definición, comprendería el peso máximo bruto del contenedor que se permite manejar, más el peso del *spreader*.

En el caso de grúas portac contenedores también se acepta el término: "CAPACIDAD BAJO SPREADER" (*Safe working load of a lifting attachment* - BS 466:1984), la cual es igual al peso máximo bruto del contenedor que se permite levantar.

Es importante tener presente la diferencia entre las dos capacidades mencionadas, pues es muy común encontrar una definición ambigua, referida sólo a la "capacidad de la grúa". En la mayoría de los casos se trata de la "capacidad bajo spreader".

La capacidad necesaria de la grúa está determinada por el peso bruto del contenedor más pesado que se ha de manejar. Por ejemplo, según las reglas de certificación de carga en contenedores la masa bruta máxima (*Maximum gross mass*), dependiendo del tamaño del contenedor, es la siguiente:

- a) 20320 kg para el contenedor de 20'(*)
- b) 30480 kg para el contenedor de 40'

El peso máximo bruto sería, respectivamente:

- a) 199,340 N
- b) 299,009 N

Aquí es pertinente comentar el problema relacionado con las unidades a emplear, ya que esto repercute en las definiciones arriba presentadas. Existe la incongruencia de que utilizando el Sistema Internacional de Unidades (SI), la capacidad de la grúa debería de expresarse en newtons (N) o kilonewtons (kN), es decir unidades de fuerza, mientras que la práctica común es expresarla en kilogramos (kg) o toneladas (ton), es decir unidades de masa.

En este trabajo en forma congruente con la práctica común, se emplearán unidades de masa.

(*) Nota. En este trabajo se emplea la notación más difundida para las dimensiones de los contenedores, esto es en pies (') y pulgadas (").

Analizando la capacidad de grúas existentes en el mercado, se puede ver que éstas tienen especificada una capacidad que concuerda con las masas brutas de contenedores, arriba mencionadas. Por ejemplo, es común la capacidad de 30.5 toneladas bajo *spreader*. La marca PEINER ofrece grúas tipo PPG-36 y PPG-40, con esta capacidad bajo *spreader*, (en realidad son respectivamente 36 y 40 toneladas de capacidad máxima, pero la primera está equipada con un *spreader* fijo, mientras que la última lo está con uno telescópico) y para contenedores de 20', la PPG-25 con capacidad de 23 toneladas. PACECO también tiene la opción de 30 Toneladas Largas (*Long Ton*) [1], lo que corresponde aproximadamente a 30.5 toneladas métricas. Sin embargo, cabe señalar que grúas con tal capacidad ya son obsoletas, debido a la proliferación de contenedores de mayor altura (9'6") y a las tendencias de utilizar otros de mayor longitud de los 40' o ancho arriba de los 8', lo que contribuye a aumentar también la masa bruta máxima. Por esta razón, el equipo comercializado hoy día tiene típicamente la capacidad bajo *spreader* de 35 o 40 toneladas métricas. En los Estados Unidos se manejan 35 y 40 toneladas largas y podría afirmarse que, últimamente, la capacidad de 40 toneladas bajo *spreader* es casi estándar para las grúas de patio de pórtico sobre neumáticos.

2.3 Dimensiones del pórtico

Hablando de dimensiones del pórtico, se tienen básicamente dos parámetros;

- El claro, L , entre los centros de las llantas o, B entre las piernas (figura 1).
- La altura de estiba, H_e (figura 1).

Por supuesto, estos parámetros dependen de las necesidades de la terminal, de su tamaño y de las tecnologías empleadas, sistemas y organización de manejo de contenedores. Sin embargo, analizando el tamaño del pórtico en grúas en operación y sobre todo, en grúas de fabricación reciente, podemos ver la tendencia general a aumentar la capacidad de la grúa para manejar contenedores de 40 pies de largo.

En términos generales, los dos parámetros mencionados se pueden expresar en unidades de longitud (milímetros, pies, etc.), o por el número de hileras de contenedores que caben debajo del *spreader*, considerando que se requiere dejar un carril libre para camiones entre las piernas y también una "capa" libre para poder manejar las cajas. Con esto, el tamaño del pórtico se describe como:

(mxn) + 1

Por ejemplo la descripción

(6x4) + 1

significa que caben entre las piernas 6 hileras de contenedores más 1 carril para tractocamión y la capacidad de estiba es "uno sobre cuatro" o sea 4 capas más un espacio para pasar otro contenedor por arriba.

El análisis publicado por la revista CARGOWARE INT. [2] indica que alrededor de 60% de las grúas tienen el claro interno para 6+1 hileras, siendo éste el tamaño más común. Este porcentaje llega hasta 80% para grúas instaladas en Lejano Oriente. Las grúas actualmente diseñadas y comercializadas cubren rangos de hasta 7 hileras más el carril libre. Las dimensiones relacionadas con el claro para diferentes tamaños del pórtico y algunas marcas se muestran en la Tabla 1. La tendencia en cuanto a este parámetro es a favor del claro grande 7+1 y 6+1, con mínima demanda para las grúas con claro por debajo de 5+1. Tal situación se debe probablemente a la competencia por parte de los *straddle carriers*.

En cuanto a la altura de pórtico, también expresada a través del número máximo de contenedores estibados, la situación dentro del parque mundial no es muy clara; sin embargo, las máquinas con capacidad de estiba de uno sobre tres (3+1) y uno sobre cuatro (4+1), tienen aproximadamente el 70% del mercado mundial. En el Lejano Oriente la ventaja de grúas con capacidad de estiba de 4+1 es clara (62%), mientras que en América del Norte y Europa prevalecen las de tipo 3+1. No obstante, se reporta [2] que la mayoría de grúas de reciente construcción (o en pedido) son del tipo 4+1.

Tabla 1. Claro y altura para algunas grúas de pórtico

MARCA	CLARO LIBRE ENTRE LAS PIERNAS "B" mm (pies-pulgadas)			ALTURA POR DEBAJO DE TWIST-LOCKS mm (pies-pulgadas)		DISTANCIA BASE ENTRE LAS LLANTAS mm (pies-pulgadas)
	5+1	6+1	7+1	3+1	4+1	
FERRANTI KARRITAINER	18,491 (60'-8")	21,234 (69'-8")	23,977 (78'-8")	12,573 (41'-3")	14,808 (48'-7")	6,400 (21'-0")
PACECO TRANSTAINER	18,517 (60'-9")	21,260 (69'-9")	24,384 (80'-0")	12,192 (40'-0")	14,935 (49'-0")	6,400-7,925 (21'-26")
NOELL-PEINER PPG ak	18,505 (60'-8")	21,350 (70')	24,200 (79'-5")	11,900 (39')	14,800 (48'-6")	6,400 (21')
NOELL-PEINER PPG 45	---	---	26,100 (85'-7")	---	14,800 (48'-6")	10,700 (35'-1")

Ocasionalmente se construyen máquinas con capacidad de estiba 5+1 y se reporta que el gigante japonés *Mitsui Engineering and Shipbuilding* construye 40 grúas sobre neumáticos para la terminal *Tanjong Pagar* (Singapore), las cuales estiban uno sobre seis contenedores (6+1), [27].

El parámetro de la altura implica directamente la dimensión "altura por debajo de twist-locks", (figura 1). Considerando que la altura máxima del contenedor es de 9'-6" (2896 mm), la altura total de estiba (n+1) se obtiene como $H_e = (2896) \times (n+1)$.

Por ejemplo, para alturas de estiba "uno sobre tres" y "uno sobre cuatro" la altura de la grúa sería, respectivamente:

$$- (3+1) H_e = 11,584 \text{ mm}$$

$$- (4+1) H_e = 14,480 \text{ mm}$$

Es claro que siempre deberá verificarse la relación,

$$H > H_e$$

La altura del pórtico H_1 depende principalmente del sistema de trole empleado y de las dimensiones del *spreader*. En la Tabla 1 se muestran las dimensiones "altura por debajo de *twist-locks*" para algunas grúas de marcas conocidas.

2.4 Velocidades de operación

Las velocidades con las cuales la grúa puede realizar sus movimientos, son las determinantes básicas de su productividad. Existe la tendencia de medir la productividad por número de contenedores manejados por unidades de tiempo. Pero en la práctica es difícil aplicar este parámetro inclusive en su modalidad "promedio", ya que no existe el ciclo modelo y en la operación real cada ciclo es diferente.

Para los fines de este trabajo, se define como "ciclo" de trabajo el conjunto de operaciones necesarias para el traslado de un contenedor de un sitio a otro y retorno de la grúa a su posición inicial. Como ejemplo de los posibles ciclos de trabajo se presentan los siguientes:

- 1) Reubicar el contenedor en el patio (sacar el contenedor de un lugar y depositarlo en otro).
- 2) Recibir el contenedor del trailer (remolque) y depositarlo en un lugar determinado del patio.
- 3) Sacar el contenedor del lugar determinado del patio y depositarlo sobre el remolque.

Hay que observar que según las condiciones de operación, estos ciclos de trabajo se pueden combinar; por ejemplo, la maniobra tipo 1 puede ser indispensable como previa para realizar la operación tipo 3, y en algunos casos, puede ser necesario cambiar la grúa de carril. Asimismo, las distancias a recorrer no son uniformes, y ocasionalmente, los recorridos pueden traslaparse. Además, normalmente es posible efectuar el recorrido del trole mientras el contenedor sube y baja mediante su mecanismo de izaje o se puede combinar el recorrido de trole con la traslación de la grúa. En general, en cuanto mayores velocidades se tienen disponibles, la grúa tendrá mayor productividad. Se indicó "en general", ya que sobre la productividad influyen otros factores como el sistema antipéndulo, que puede ser más eficiente en una grúa que en otra, el sistema de micromovimientos, el sistema de televisión por circuito cerrado y el sistema de automatización de traslación rectilínea.

En la tabla 2 se presentan valores típicos de las velocidades de izaje, de avance del trole y de traslación de la grúa para algunas máquinas existentes en el mercado.

Tabla 2. Velocidades de operación

MARCA DE LA GRUA	CAPACIDAD BAJO SPREADER TELESCÓPICO. KG	VELOCIDAD * ₁ MÁXIMA DE IZAJE		VELOCIDAD DEL TROLE	VELOCIDAD DE TRASLACION DE LA GRUA
		CON CARGA	SIN CARGA		
PACECO TRANSTAINER -VEL. EST.	40,600.	9.14 (30.0)	18.3 (60.0)	51.8 (170.0)	134.1 (440.0)
PACECO TRANSTAINER -ALTA VEL.	40,600.	22.9 (75.0)	45.7 (150.0)	51.8 (170.0)	134.1 (440.0)
MARATHON-LE TOURNEAU SST-100	40,600.	22.9 (75.0)	45.7 (150.0)	51.8 (170.0)	134.1 (440.0)
NOELL-PEINER PPG 45	35,000.	23.0 (75.3)	N.D.* ₂	50.0 (163.7)	120.0 (393.0)
MI-JACK TRANSLIFT	28,000	6.5 (21.2)	6.5* ₃ (21.2)	40.0 (131.0)	134.0 (438.8)
ECOPAT 35 MAIN MEXICO	35,000	7.2 (23.5)	7.2* ₃ (23.5)	40.0 (131.0)	134.0 (438.8)
ECOPAT 45H MAIN MEXICO	40,000	12.0 (39.3)	12.0* ₃ (39.3)	50.0 (163.7)	134.0 (438.8)
FERRANTI KARRITAINER ₄	40,000	N.D.* ₂	N.D.	N.D.	N.D.

*₁ - Velocidades se especifican en [m/min] y, al mismo tiempo, en paréntesis se dan los valores en [pies/min]

*₂ - N.D. = No disponible

*₃ - En estas grúas hidráulicas la velocidad de izaje es aproximadamente constante, independientemente de la carga.

2.5 Sistema de propulsión y control

La fuente primaria de potencia para las grúas de pórtico está constituida por uno o más motores Diesel, combinados con motores eléctricos y/o hidráulicos. El tipo de propulsión utilizado está determinado por los motores empleados en el accionamiento de los tres sistemas básicos que son:

- 1) Izaje (*spreader*)
- 2) Traslación del trole
- 3) Traslación del pórtico

Para esto, las opciones más comunes son las siguientes:

- Motores de corriente directa
- Motores de corriente alterna
- Motores hidráulicos

de tal manera que el sistema de propulsión de la grúa puede ser:

- a) Diesel-eléctrico CD
- b) Diesel-eléctrico CA
- c) Diesel-hidráulico.

2.5.1 Sistema Diesel-eléctrico CD

Dentro del primer sistema Diesel-eléctrico CD, se tienen dos opciones:

- l) Se utiliza el clásico sistema *Ward-Leonard*, donde el motor Diesel impulsa un generador de corriente directa y esta corriente es utilizada para alimentar los motores finales.

Dada la facilidad del sistema Ward-Leonard de controlar los parámetros de trabajo, tanto del generador como de los motores finales, se obtiene un sistema con amplias posibilidades de control de la velocidad de operación, desde cero hasta su valor máximo, alto par de arranque y disponibilidad de trabajo en el régimen de frenado dinámico, características muy deseables en la propulsión de grúas.

El régimen de frenado dinámico consiste en invertir el flujo de potencia aprovechando la reversibilidad de las máquinas de corriente directa que pueden trabajar como motor o como generador. Esto es, si un motor empieza a trabajar como generador (propulsado por ejemplo, por la carga en su movimiento hacia abajo debido a las fuerzas de gravedad) entrega la potencia hacia el generador primario, desarrollando simultáneamente el par de frenado.

- II) En este caso, el generador primario es de corriente alterna (CA) (trifásico) y para obtener la corriente directa se utiliza un convertidor de estado sólido basado en elementos "SCR" (*Silicon Contoller Rectifier*) Este elemento es un rectificador controlado de silicio, con un elemento semiconductor el cual permite programar el momento de inicio del estado de conducción, obteniendo la variación del voltaje CD, que a su vez da la variación de la velocidad del motor, como se ilustra en la figura 2.

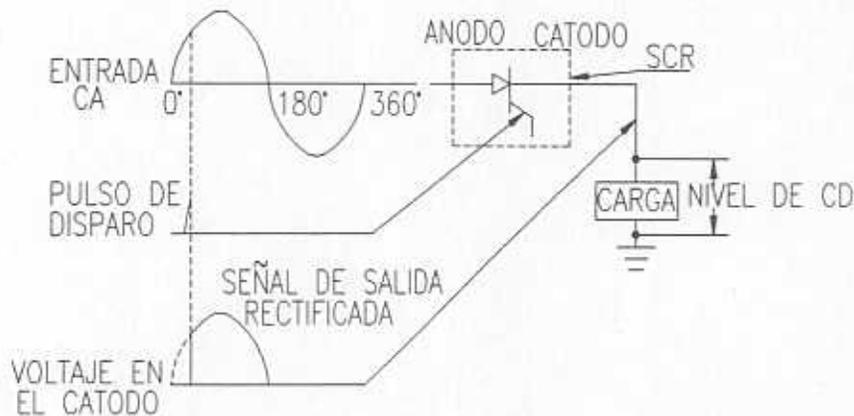


Figura 2. Rectificación de una señal de CA por medio de SCR's.

Para la rectificación de la onda de CA, se pueden emplear 3 SCR's (media onda, figura 3) o 6 SCR's (onda completa figura 4). Por sus características de operación, este sistema de rectificación es el que utilizan la mayoría de las grúas. Su principal ventaja, en comparación con el sistema *Ward-Leonard*, es que el generador de corriente alterna es mucho más ligero que un generador de corriente directa de la misma potencia. Adicionalmente, el sistema con SCR's lleva a cabo el control del motor electrónicamente, lo que hace este control fácilmente automatizable.

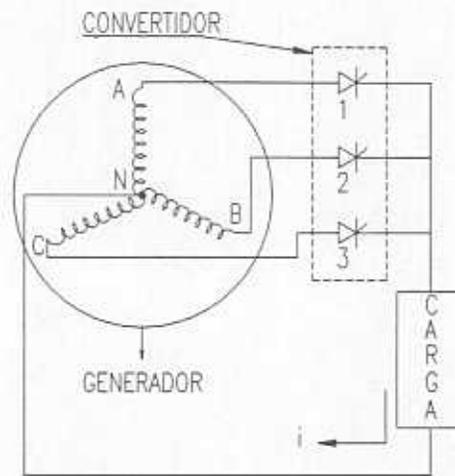


Figura 3. Convertidor trifásico de media onda.

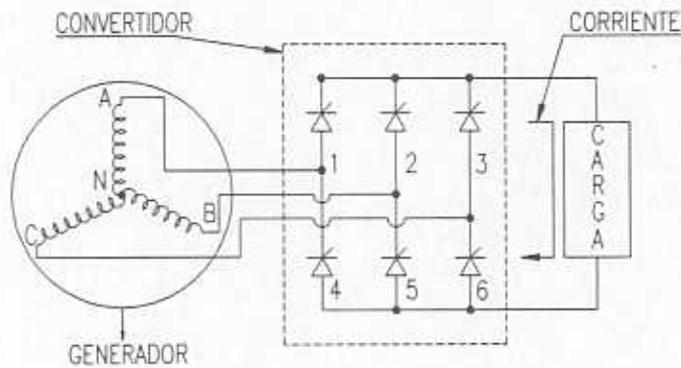


Figura 4. Convertidor trifásico de onda completa.

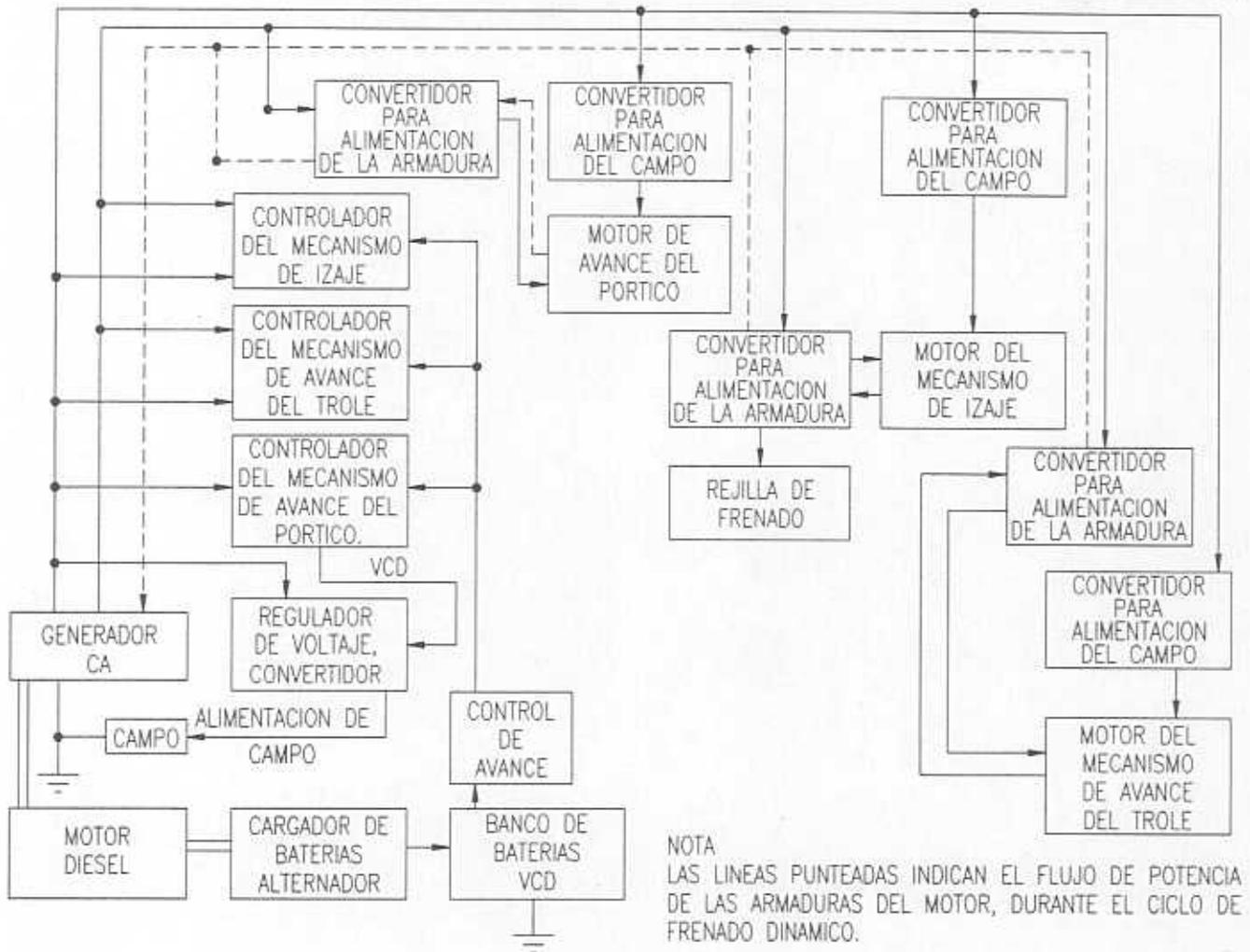


Figura 5. Diagrama de bloques del flujo de potencia de un sistema de propulsión a base de semiconductores

La figura 5 muestra un diagrama de flujo simplificado de un sistema de propulsión a base de semiconductores (SCRs).

Se considera importante resaltar que el circuito de control del sistema de propulsión, es fundamental en la operación de la grúa, ya que de él depende la eficiencia y seguridad del equipo. A manera de ilustrar los componentes de un circuito de control típico, en la figura 6 se muestra el diagrama de bloques simplificado, del sistema de control del equipo de traslación del pórtico.

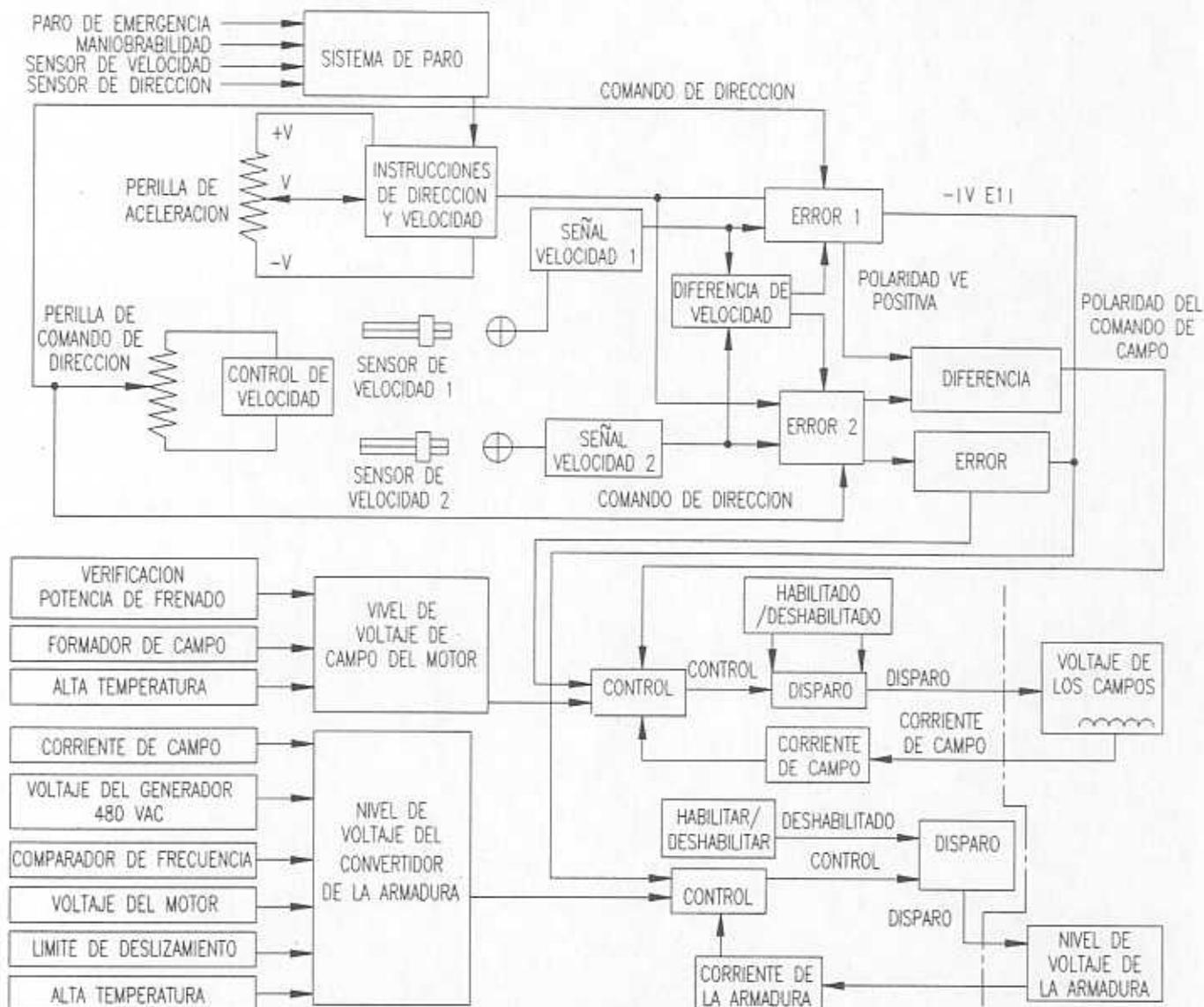


Figura 6. Sistema de avance del pórtico. Diagrama lógico simplificado de las señales de la grúa.

2.5.2 Sistema Diesel-eléctrico CA.

En la actualidad, el sistema Diesel-eléctrico de CA tiene mínima aplicación debido a las dificultades para variar las velocidades de operación. Esta situación puede cambiar en el futuro, ya que se están desarrollando variadores de velocidad por conversión de frecuencia, lo que eliminaría la necesidad de trabajar en CD, simplificando con esto el sistema.

La potencia manejada por el sistema Diesel-eléctrico de CA, así como el rango de regulación, está limitada y por esto no se utiliza en las grúas de alto rendimiento. Sin embargo, el sistema directo (sin control de velocidad) con motores de inducción de CA, permite su aplicación en algunas grúas de tamaño (y rendimiento) mediano o pequeño, por ejemplo, algunas grúas marca PEINER [20].

En algunos casos, el problema de variación de la velocidad, se resuelve empleando dobles motores para obtener dos velocidades, una normal y otra reducida.

2.5.3 Sistema Diesel-hidráulico.

El sistema Diesel-hidráulico, tiene cierta aceptación debido a sus ventajas que son:

- Favorable relación peso-potencia
- Relativa facilidad de variar las velocidades y simplicidad del sistema
- El precio más barato que el sistema Diesel-eléctrico de CD.

No obstante, las desventajas también son significativas y algunas de ellas son:

- Fugas de aceite
- Eficiencia de transmisión de potencia menor que para la propulsión eléctrica
- Control menos preciso y eficiente, así como mayor dificultad para la automatización del control que en el caso del sistema Diesel-eléctrico de CD.

Si bien en este caso es posible emplear válvulas y demás elementos con control electrónico, se perdería la sencillez y la ventaja del precio.

Los sistemas hidráulicos pueden seguir dos principios básicos de funcionamiento:

- a) Una bomba principal que alimenta diferentes motores a través del sistema de válvulas direccionales y otros elementos de control. Generalmente la bomba es de caudal fijo y los motores pueden ser de caudal variable.
- b) Varias bombas generalmente de caudal variable que alimentan cada una un solo motor (o a veces un par de motores en caso de accionamientos dobles), con el cual está comunicado por ductos y elementos de control formando la transmisión hidrostática.

2.6. Micromovimientos y sistema antipéndulo.

Durante las operaciones de carga-traslado-descarga de contenedores, se presenta la necesidad de depositarlos con precisión, lo que requiere efectuar correcciones pequeñas a la posición del contenedor. Estos llamados micromovimientos se efectúan moviendo solamente el *spreader* y no todo el pórtico, para no alterar la velocidad de operación y minimizar el consumo de energía.

El poder efectuar los micromovimientos también permite llevar a cabo, con un mínimo de pérdidas de tiempo, el posicionamiento del *spreader* sobre el contenedor para engancharlo. Los tipos de micromovimientos y los rangos de operación típicos de grúas de reciente construcción, se mencionaron en el inciso 2.1.

En el sistema de izaje sin micromovimientos los cuatro cabos fijos de los cables que sustentan el *spreader* están sujetos directamente a la estructura del trole.

En el sistema con micromovimientos los cuatro cabos de los cables se sujetan a la estructura del trole a través de los cilindros hidráulicos (directamente o por medio de palancas) los cuales pueden subir o bajar en el punto de sujeción de cada cable.

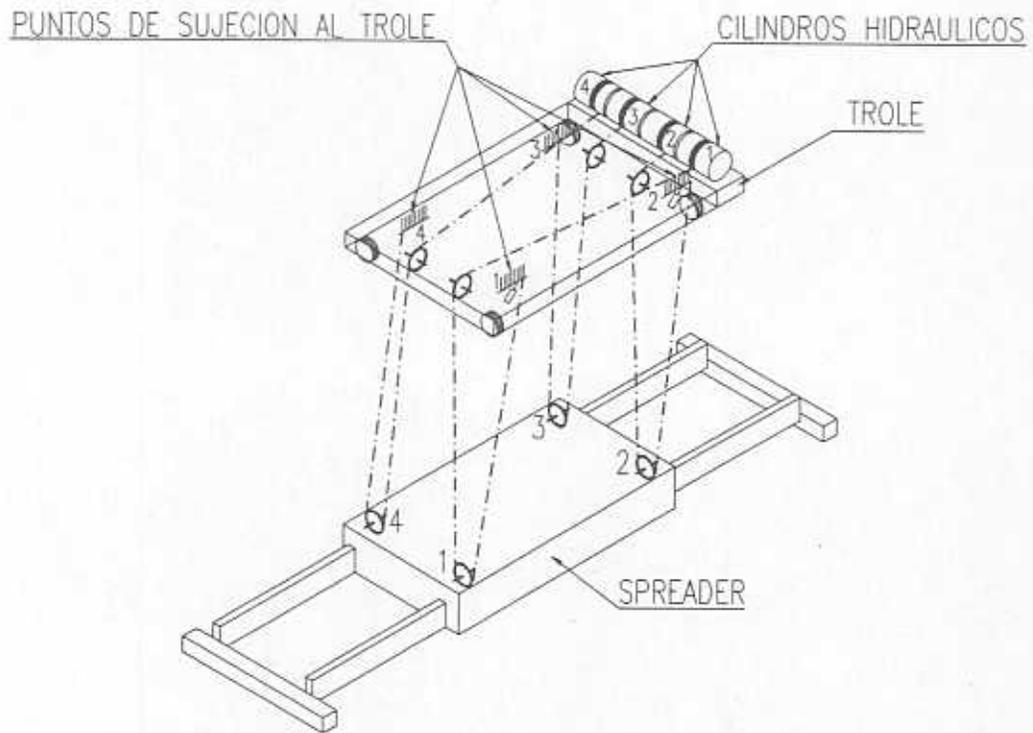


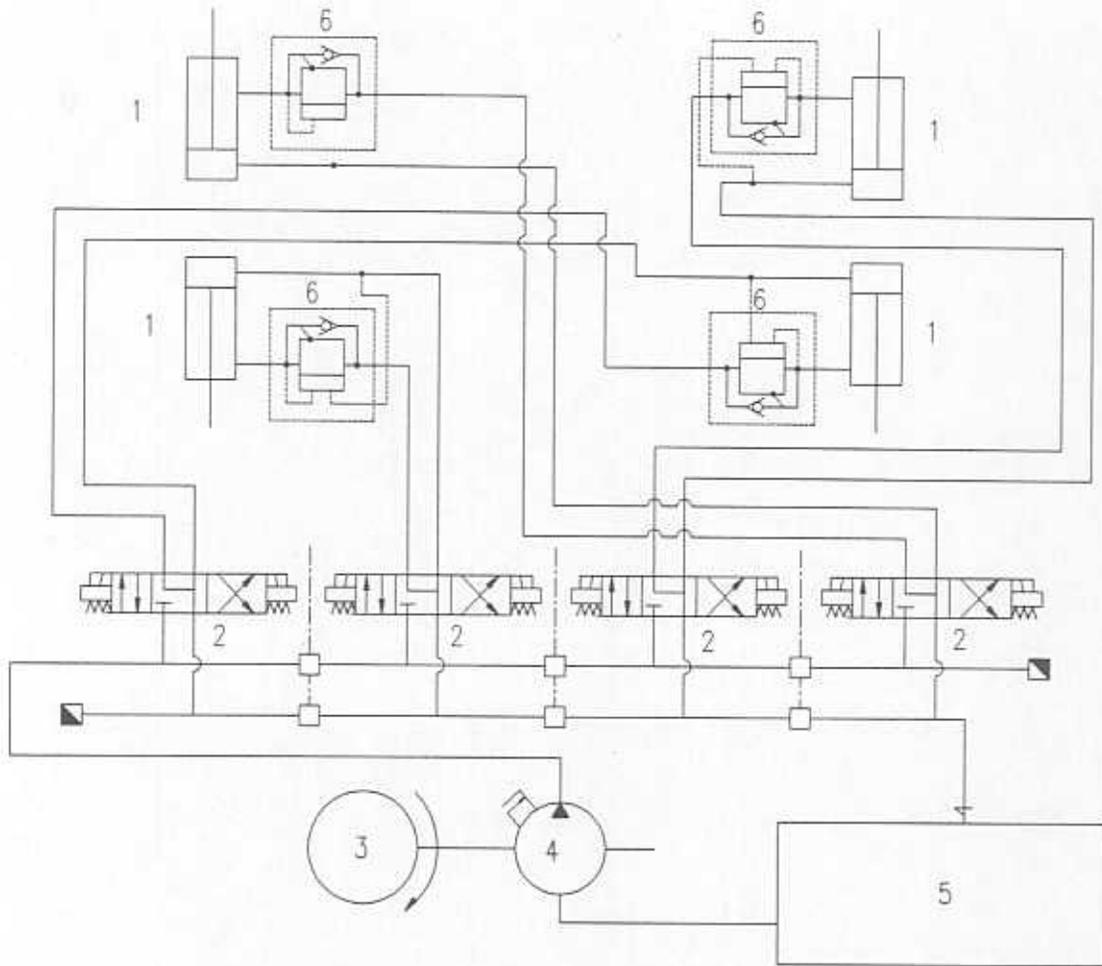
Figura 7. Arreglo de cables y poleas para efectuar los micromovimientos del "spreader". a) empleando palancas, b) empleando cilindros hidráulicos con micromovimientos.

En la figura 7 se muestra un diagrama esquemático de un arreglo típico para efectuar los micromovimientos, empleando palancas (figura 7a) y cilindro hidráulico con micromovimientos (figura 7b). En esta figura se observa que:

- La función de inclinación lateral (*list*), se obtiene elevando la misma distancia los puntos 1 y 2 del *spreader*, respecto al trole y bajando la misma distancia los puntos 3 y 4 (giro en sentido contrario, puntos 1 y 2) opuestos en forma simultánea.
- La función de inclinación longitudinal (*tilt, trim*), se obtiene elevando parejo los puntos 1 y 4 (giro en sentido contrario, puntos 2 y 3) y bajando los puntos 2 y 3 (giro en sentido contrario, puntos 1 y 4) opuestos al mismo tiempo.
- La función de giro con respecto al eje vertical (*skew*) se obtiene elevando los puntos 1 y 3 (giro en sentido contrario, puntos 2 y 4) y bajando al mismo tiempo los puntos 2 y 4 (giro en sentido contrario, puntos 1 y 3) restantes.

Para nivelar el *spreader* se ajustan los cabos de los cables en su posición intermedia. La carrera típica de cada uno de estos puntos es del orden de 18" (457 mm). En general, el sistema de micromovimientos opera complementariamente al sistema de izaje. La figura 8 muestra un diagrama típico del circuito hidráulico empleado.

Las relativamente altas velocidades de operación del trole y el pórtico, están acompañadas de aceleraciones considerables que causan las oscilaciones (efecto de columpio o péndulo) del contenedor, suspendido por los cables. Este movimiento si no es amortiguado, dificulta considerablemente el posicionamiento exacto del contenedor en su lugar de destino o del *spreader* sobre el contenedor para acoplarlo. Por esta razón las grúas de alta productividad cuentan con un sistema antipéndulo (*anti-sway system*), cuya función es limitar y amortiguar el movimiento pendular del contenedor, [15], [16].



- 1.- Cilindros de accionamiento para micromovimientos
- 2.- Válvulas direccionales
- 3.- Motor eléctrico
- 4.- Bomba hidráulica
- 5.- Tanque de aceite y filtro
- 6.- Válvulas de contrabalance

Figura 8. Circuito hidráulico típico para micromovimientos e izaje.



3. DESCRIPCION DE LOS SISTEMAS

3.1 Estructura Metálica

Se considera la estructura metálica como el marco de la grúa, siendo éste el elemento principal que soporta las cargas de trabajo.

Las estructuras metálicas de las grúas comerciales, además de tener diferentes dimensiones, modos de ensamble, resistencia del material, pueden diferir por la forma del pórtico.

En la práctica se pueden identificar dos tipos de pórticos que se pueden nombrar como:

- 1) Pórtico de marco doble
- 2) Pórtico de marco sencillo

El croquis de la estructura de pórtico de marco doble se presentó en la figura 1 y también se puede apreciar en la figura 9. Este tipo de estructura es la más popular y la mayoría de las marcas lo están utilizando. El pórtico está formado por dos marcos verticales en forma de "U", unidos por dos traveses horizontales que sirven como pistas para el trole. En los extremos de la parte inferior de la "U" se encuentran las horquillas para las llantas. El sistema de traveses doble es ampliamente utilizado en diferentes tipos de grúas (por ejemplo grúas viajeras), ya que permite utilizar el sistema de trole convencional pasando los cables mecánicos en forma natural en el espacio libre entre las traveses. Debido a esto se aprovecha casi toda la altura del pórtico para el recorrido del *spreader*. También la colocación de la cabina del operario entre las traveses facilita su sujeción al carro (cabina móvil) y además, por estar centrada con respecto al *spreader*, asegura mejor visibilidad del campo de trabajo.

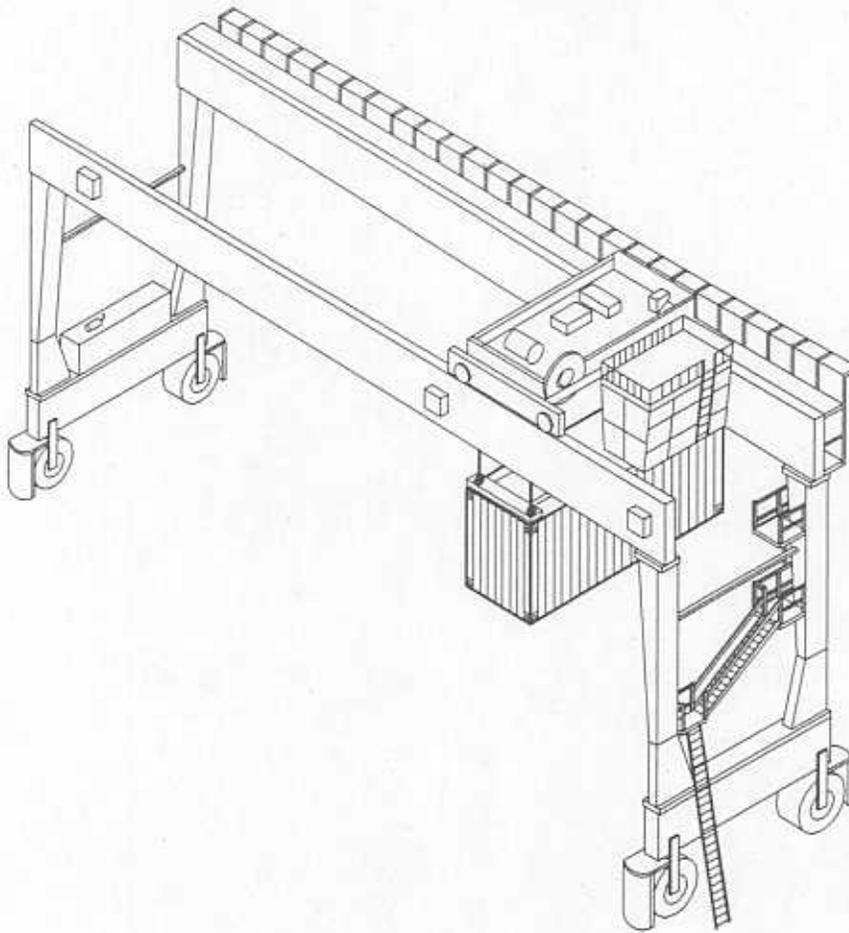


Figura 9. Grúa portacontenedores de pórtico de marco doble.

La estructura tipo marco sencillo se presenta en la figura 10. Esta estructura tiene una sola trabe y el troleo va colocado arriba de ella. Los cables que sostienen el *spreader* pasan a los dos lados de la misma, también es posible que el troleo esté suspendido por debajo de la trabe. Este arreglo complica la distribución de los mecanismos del troleo y la cabina del operario tiene que quedar desviada hacia un lado. Este tipo de grúa, también parece restringir el aprovechamiento efectivo de la altura del pórtico. Sin embargo, facilita el uso de un sistema de propulsión de avance del troleo más simple, pudiéndose operar con mayores aceleraciones. La estructura metálica en sí, es más sencilla, es más robusta y más rígida. Las principales partes de la estructura como las traveses, las piernas, las traveses inferiores, generalmente vienen como partes autónomas, unidas entre sí con tornillos.

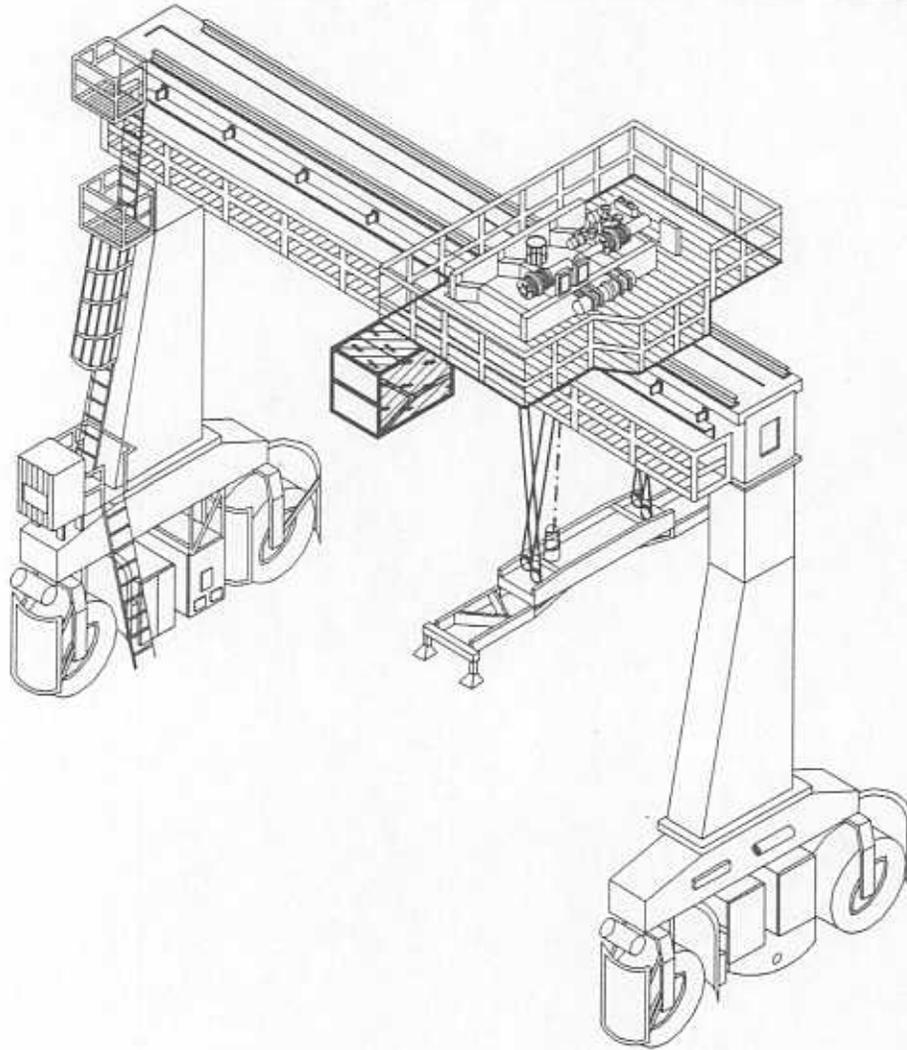


Figura 10. Grúa portac contenedores de marco sencillo.

3.1.1 Materiales

El material utilizado para las estructuras es placa de acero. El material que inicialmente se utilizó para este tipo de estructuras fue el acero al carbono tipo ASTM A-36, que se caracteriza por su excelente soldabilidad, ductilidad y buenas propiedades de resistencia a la fatiga. Sin embargo, el límite de fluencia de este material es relativamente bajo ($2.48 \times 10^5 \text{ KPa} = 36 \times 10^3 \text{ libras/pulg}^2 \text{ (psi)}$), lo que determinó que las estructuras fueran relativamente pesadas.

En la actualidad en la construcción de las grúas portacontenedores, frecuentemente se utilizan las láminas de acero tipo ASTM A-514, A607, A656 u otros similares que pertenecen al grupo de aceros de alta resistencia, baja aleación (HSLA - high-strength, low alloy). Aparte de contar con un límite de fluencia del orden de 100×10^3 psi, este acero tiene mucho mejor resistencia a la corrosión que el A-36, lo que para aplicaciones en ambiente marítimo o costero es de gran importancia. Aceros de este tipo requieren más cuidado en los procesos de soldadura (algunos son aceros templados y revenidos), pero su tecnología ya es ampliamente conocida. Sin embargo, es fundamental tener esto en cuenta para las reparaciones posteriores de la estructura.

El empleo del acero ASTM-A-514, o similar, permite usar elementos estructurales más esbeltos, con secciones transversales menores, por lo que es importante verificar los efectos de fatiga y la estabilidad (pandeo) tanto global como local.

En todo caso es importante verificar que los miembros estructurales tipo cajón cerrado, tengan los refuerzos apropiados como diafragmas internos para garantizar la recepción y redistribución oportuna de carga, estabilizar la forma de las secciones y prevenir el pandeo local [17, 22].

Respecto a la rigidez de la estructura la norma BS 466:1984, [21], recomienda que la deflexión máxima no debe exceder $1/750$ del claro del pórtico. No obstante, la rigidez de la estructura debe ser considerada en conjunto con la resistencia y el funcionamiento de la grúa en total, ya que en ocasiones la rigidez excesiva es desventajosa, pues causa sobrecargas locales.

3.1.2 Corrosión

Todos los miembros estructurales de la grúa deben estar protegidos contra la corrosión, mediante la aplicación adecuada de capas protectoras de pinturas anticorrosivas. El procedimiento típico para esta protección consiste en la limpieza de la superficie por chorro de arena hasta el grado SA-21/2 (escala europea) y la aplicación de una primera capa de sellador (*primer*), rico en zinc con espesor de $50 \mu\text{m}$. (micro-metros).

A estas operaciones sigue la aplicación de una segunda capa de *primer*, para aplicar después dos capas de acabado epóxico o vinílico, con un espesor mínimo de 50 μm . cada uno.

El espesor total del recubrimiento debe ser de 200 μm . como mínimo. Estos recubrimientos se aplican a las superficies exteriores. En el caso de superficies internas no cerradas herméticamente o superficies de uniones por tornillos, es suficiente aplicar una sola capa de *primer* y una de acabado (las superficies herméticamente cerradas no requieren pintura). Información adicional a este tema se puede encontrar en las normas, DIN 15018 parte 2 [19] y BS 466 [21].

3.2 Sistema de izaje

El sistema de izaje está formado por cuatro cables de acero con sus respectivas poleas, tambor (o tambores) para enrollar el cable, motor (o motores) con la transmisión apropiada para propulsar el tambor, frenos y el sistema de control que gobierna todo el sistema. Un ejemplo de composición general del sistema de izaje es el presentado en la figura 11, donde se pueden apreciar:

- el sistema de tambores de izaje (1)
- el sistema de tambores del sistema antipéndulo (2)
- la transmisión del sistema de izaje (3)
- el freno y transmisión (4)
- el cableado (5)
- el trole (6)
- el *spreader* (7).

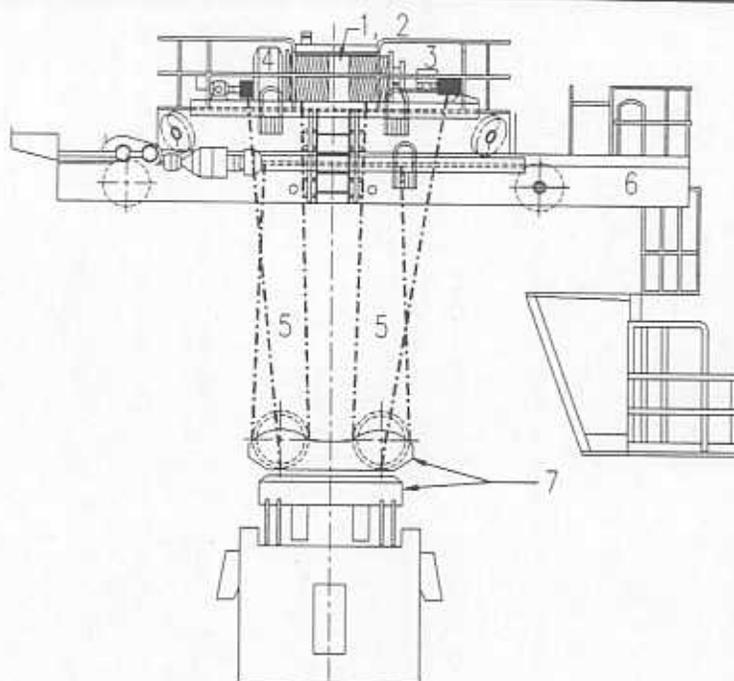


Figura 11a

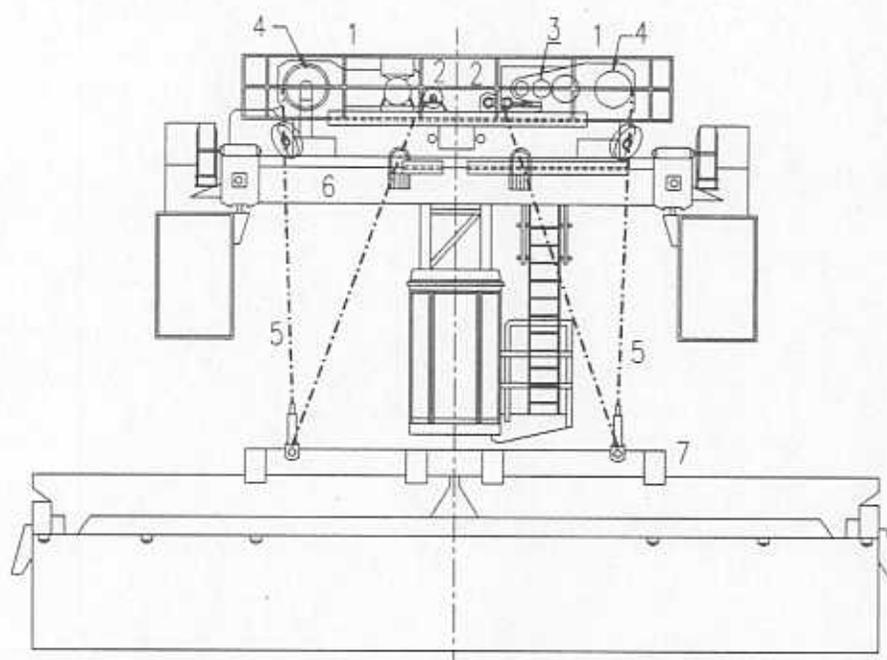


Figura 11b

Figura 11. Principales componentes del sistema de izaje.

En sistemas con motores de CD, el sistema de control asegura que los dos motores trabajen a la misma velocidad; para mantener la velocidad constante durante el descenso de la carga, se utiliza el régimen de frenado dinámico. En sistemas con motores de CA, es común encontrar que se aprovechan las corrientes parásitas (efecto *Foucault*), para estabilizar y controlar la velocidad de descenso de la carga [20].

Existen variantes para el arreglo de los tambores, poleas y cables del sistema de izaje como los mostrados en la figura 12.

En el arreglo mostrado en la figura 12a, se utilizan dos malacates independientes fijos a la estructura del pórtico y el cableado tiene que permitir el desplazamiento de las carretillas del trole, sin afectar la altura de la carga suspendida. Un cabo de cada cable queda sujeto a un extremo de la trabe superior correspondiente.

El arreglo mostrado en la figura 12b, es uno de los más comunes y se caracteriza por el uso de un solo tambor con cuatro secciones roscadas, dos con rosca derecha y dos con rosca izquierda. La ventaja de este arreglo es que en forma natural queda asegurado igual avance de todos los puntos de fijación de las poleas sobre el spreader.

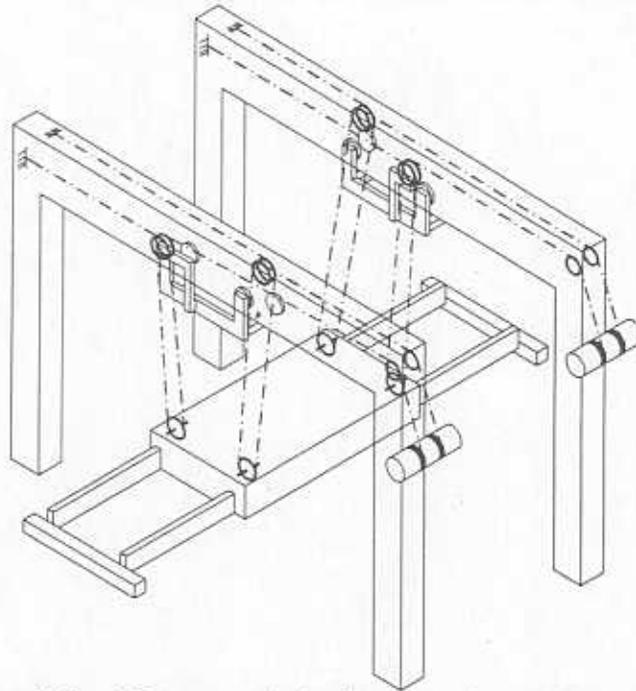


Figura 12a. Sistema de izaje con dos malacates.

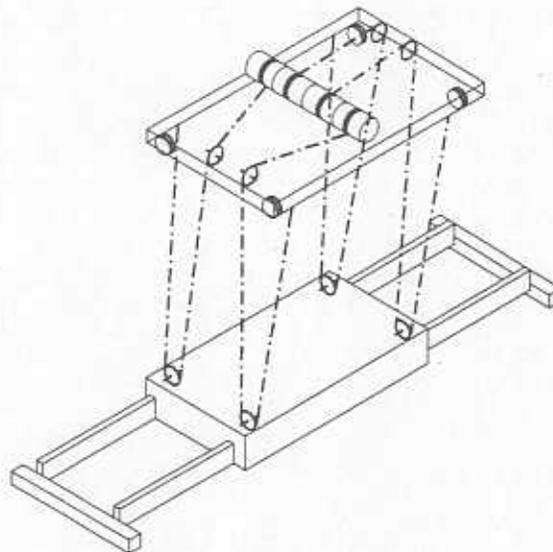


Figura 12b. Sistema de izaje con un solo tambor.

Figura 12. Sistemas de izaje.

En todos los casos, es fundamental mantener la capacidad de que cada cable pueda enrollarse a su respectivo tambor en forma independiente para permitir la elevación del contenedor en forma nivelada, o con la inclinación deseada. Esto, independientemente de la excentricidad de la carga dentro del contenedor (normalmente se permite +/- 10% de excentricidad), ya que inclusive en caso extremo, la fuerza en alguno de los cables puede anularse.

Como ya se mencionó en la Sección 2.6, el sistema de izaje estaría complementado por cilindros entre los cabos fijos de los cuatro cables y la estructura (del trole o pórtico, en su caso), para realizar micromovimientos.

Características del cable

El diámetro de los cables del sistema de izaje se puede establecer con base en las normas ISO 2408 [2] e ISO 4308/1 [8]. Esta última norma también proporciona información para calcular el diámetro del tambor y de las poleas.

La norma ISO 2408 [2] define la clasificación y especificaciones de cables mecánicos utilizados en grúas. Frecuentemente en grúas para contenedores se utilizan cables del Grupo 3 de esta norma.

Para definir el sistema de izaje, tanto el par desarrollado por el motor durante la fase de arranque como el par del freno de parada, deben de determinarse con base en el análisis dinámico del sistema. Además es importante considerar el balance de calor generado y disipado durante el ciclo de trabajo, tanto en el motor, como en el freno. Estos dos factores determinan la selección del tamaño de dichos elementos.

El par en el árbol del motor necesario para elevar el contenedor con movimiento uniforme, depende del contenedor, del peso del *spreader*, del diámetro del tambor, de la relación y eficiencia mecánica del polipasto y de la eficiencia mecánica de la transmisión.

3.3 Trole y su sistema de avance

Para efectuar el movimiento a lo largo del pórtico (en el sentido transversal con respecto al avance de la grúa), el trole cuenta con un mecanismo de avance. Este mecanismo puede ser básicamente de dos tipos:

- a) Mecanismo donde el par se transmite directamente a las ruedas propulsoras del trole y por fricción entre las ruedas y los rieles, se tiene el avance del trole.
- b) Mecanismo donde la fuerza motriz entre el carro y la estructura de pórtico se obtiene mediante un cable mecánico, esto es, jalando el trole. Por esta razón este tipo de mecanismo se conoce también como de tipo "jalón".

En este último caso, la fuerza motriz no está limitada por el coeficiente de fricción entre la rueda y el riel, lo que permite desarrollar mayores aceleraciones. El tambor motriz puede ser un tambor roscado con dos extremos del cable fijos en él, de tal manera que mientras un cable se enrolla el otro se desenrolla. Este sistema también puede ser a base de un cable con dos poleas de fricción, con movimiento complementario. En algunos diseños, el tambor se coloca también en el trole.

Los sistemas tipo "jalón", permiten obtener mayores aceleraciones, sobre todo en caso de movimientos sin carga o con cargas pequeñas, cuando en los sistemas a base de fricción se presentan patinajes de las ruedas por insuficiente tracción. No obstante, el patinaje puede eliminarse aumentando el número de las ruedas motrices.

A pesar de las ventajas del sistema tipo "jalón", su utilización en las grúas de marco doble se limita únicamente a las grúas con carritos separados.

3.4 Traslación de la grúa

El arreglo típico para el mecanismo de avance de la grúa, consiste en unidades motrices idénticas, que accionan las ruedas situadas en los extremos de la diagonal del rectángulo formado por los cuatro puntos de apoyo (4 llantas) de la grúa. El arreglo de ruedas motrices ubicadas en una diagonal permite minimizar la potencia requerida para el giro de la grúa como se muestra en la figura 13.

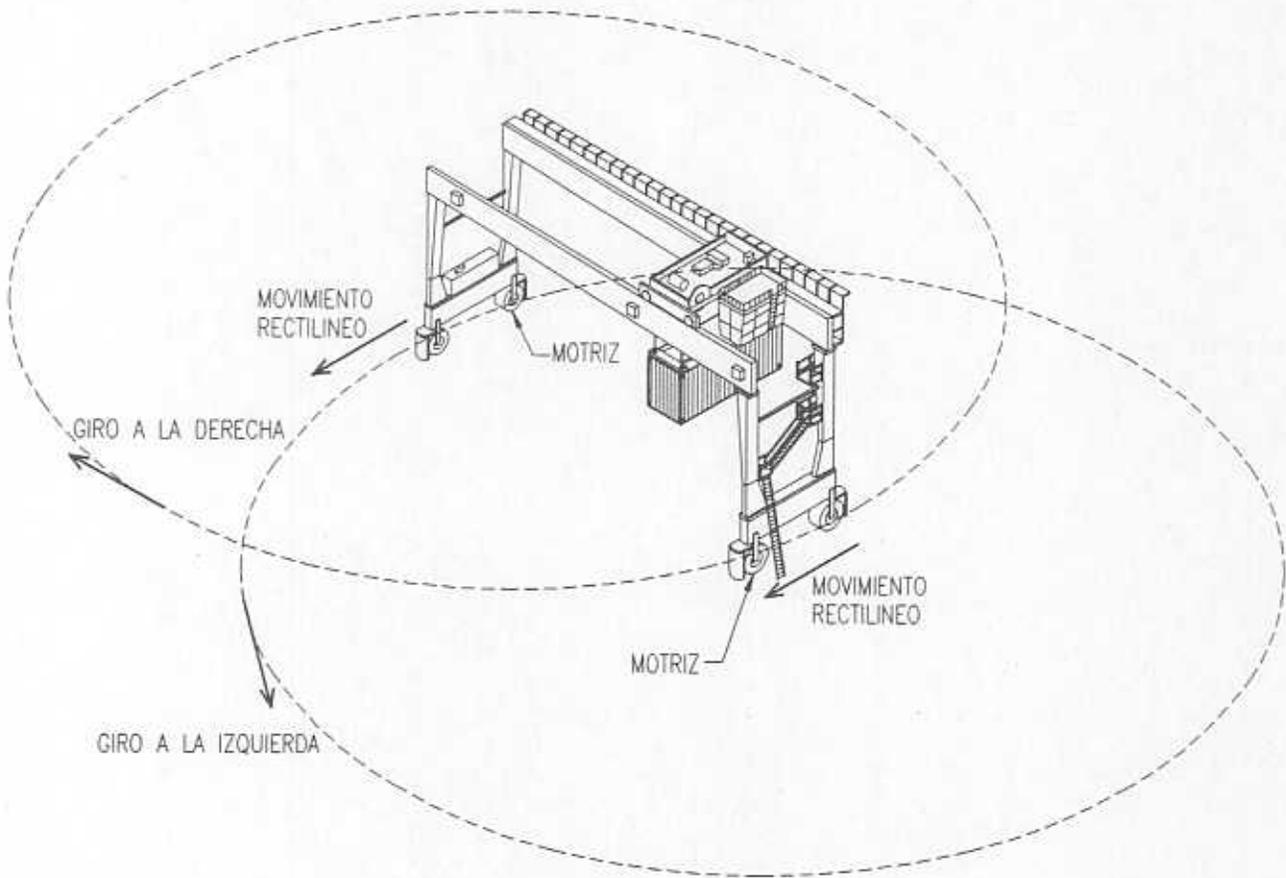


Figura 13. El esquema del movimiento de giro de la grúa

El mecanismo de propulsión para el avance consta de un motor con freno, ya sea eléctrico o hidráulico, según el caso, un reductor de velocidad, una transmisión abierta por cadena y la llanta motriz. Los motores eléctricos normalmente se colocan en forma vertical y vienen unidos por una brida con el reductor de velocidad.

Debido a que el claro entre las piernas de la grúa es relativamente grande, es necesario tener un buen sistema de control de velocidades de los motores con el fin de asegurar el avance rectilíneo del marco de la grúa. Con esto es posible corregir las desviaciones de la línea de avance, aumentando o disminuyendo la velocidad del motor del lado apropiado.

Existen equipos con sistemas automáticos para mantenerse en los carriles (PEINER PPG 45, [20]). En éstos, la grúa es guiada por un conductor colocado por debajo de la superficie del pavimento. Los receptores colocados antes de las llantas captan la señal y el sistema de control reacciona para corregir cualquier desviación en forma automática. Como se indica en la Tabla 2, la velocidad típica de avance de las grúas es de 134 m/min.

La potencia requerida para el avance de la grúa depende del peso total de la grúa con carga, de la velocidad de avance y de la resistencia unitaria al movimiento (W) [9]. Esta última cantidad se obtiene experimentalmente y su valor para una superficie de asfalto o concreto en buen estado es $W = 0.012$.

Un dispositivo de seguridad fundamental en el sistema de avance de la grúa, es el formado por unas pantallas protectoras para dificultar la entrada de objetos extraños por debajo de las llantas. Estas pantallas externas son abatibles y pueden accionar un interruptor que corta la alimentación del avance de la grúa, en caso de encontrarse ésta con algún obstáculo durante su desplazamiento.

Una descripción más amplia del mecanismo de avance de la grúa debe incluir un análisis dinámico para determinar el tiempo de arranque y aceleración alcanzada, así como un balance térmico, tanto para el motor como para el freno.

3.5 Sistema de dirección

Las grúas de pórtico para patio con el objeto de poder cambiar de carril básicamente, el sistema de dirección. Este requerimiento implica que un buen número de grúas sólo cuenta con un sistema de dirección que permite girar todas las llantas a un ángulo de 90° . De esta manera la grúa se desplaza lateralmente y pasa al otro carril, donde las ruedas giran otra vez 90° a su posición original. Algunas grúas ofrecen la posibilidad de "pivotarse" con respecto a una de las llantas. Esto requiere girar una llanta a 90° y otra a un ángulo intermedio. Esta capacidad en ciertas situaciones, aumenta la maniobrabilidad de la grúa.

Como actuadores del sistema de dirección para girar las horquillas con llantas, se utilizan comúnmente cilindros hidráulicos. Normalmente las grúas vienen equipadas con dos unidades gemelas colocadas a ambos lados de la grúa. Cada unidad tiene dos cilindros hidráulicos y hace girar dos llantas.

Como en este sistema no es necesario variar la velocidad de operación, generalmente se emplean motores de corriente alterna (jaula de ardilla) y bombas de caudal fijo.

Para fijar adecuadamente las llantas en la posición girada, se emplean topes o interruptores de límite de carrera (*limit switch*) que interactúan con el circuito de control de los cilindros hidráulicos.

3.6. Sistema Antipéndulo

En el inciso 2.6 se mencionó la función y la importancia de un sistema antipéndulo eficiente. El principio de funcionamiento de este sistema consiste en fijar al *spreader* de la grúa y con esto al contenedor, cuatro cables adicionales y mantenerlos siempre tensados, pero con posibilidad de deslizamiento de su tambor propulsor si se sobrepasa una tensión límite.

Un diagrama simplificado del sistema antipéndulo se presenta en la figura 14, donde se muestran los cables del sistema (1) y los tambores sobre los cuales se enrollan estos cables (2).

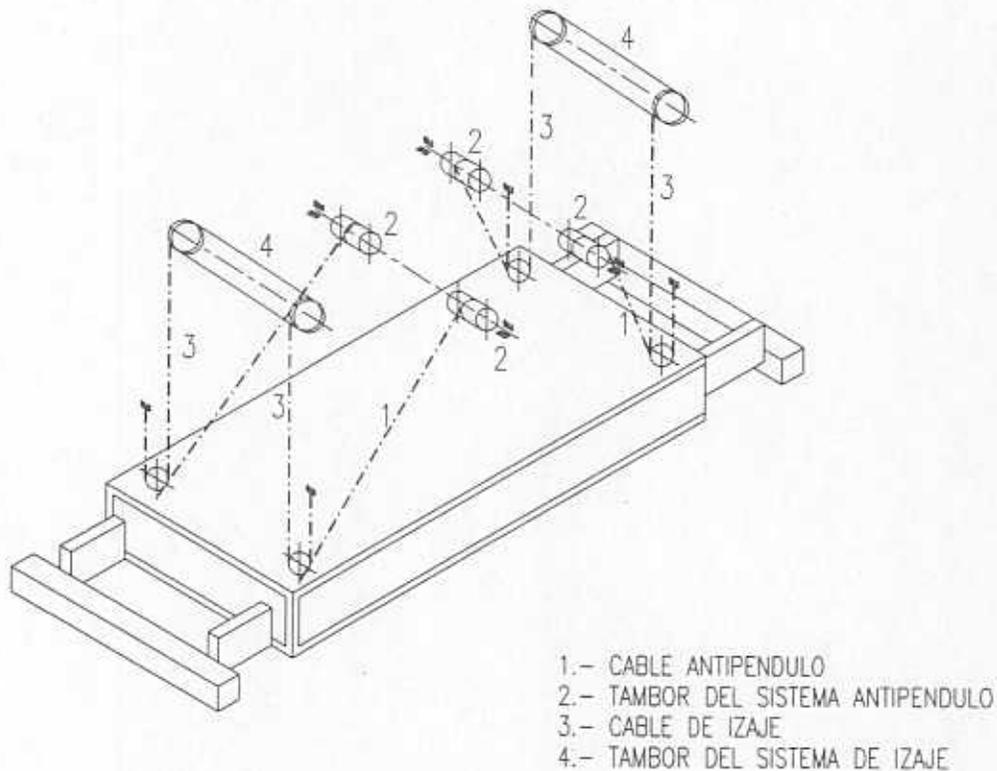


Figura 14. Sistema antipéndulo

3.7 Spreader

El *spreader*, cuyo nombre en español podría ser "bastidor de izaje", (en el medio portuario es práctica común emplear el nombre en inglés), es el dispositivo suspendido sobre los cables del sistema de izaje que sirve para enganchar el contenedor en forma manual o automática (mediante los esquineros del mismo) permitiendo su manipulación con la grúa.

Los *spreaders* pueden ser:

- a) fijos
- b) telescópicos.

Un *spreader* fijo puede manejar los contenedores de una longitud determinada. Cuando cambia el largo del contenedor hay que cambiar el *spreader* (desconectando uno y colocando otro de la longitud deseada). Esto produce pérdidas de tiempo, si las longitudes de los contenedores a operar son diferentes. De aquí surge la necesidad de contar con un *spreader* telescópico, que tenga la capacidad de extenderse o retraerse para ajustarse a la longitud de la caja (contenedor). Las longitudes de contenedores más comunes son 20', 30', 35', 40', 45'.

En la figura 15 se muestra un *spreader* telescópico en sus dos posiciones extremas, en donde se aprecian sus principales componentes que son los siguientes:

- a) Estructura metálica
- b) Sistema telescópico
- c) Sistema de cierres rotatorios (*twist-locks*)
- d) Unidad hidráulica de potencia
- e) Sistema de control
- f) *Flippers* (guías abatibles) - opcional.

Este último elemento (*Flippers*) son una especie de patas o brazos abatibles (porque a veces estorban) que sirven para juntar el *spreader* para que los *twist-locks* coincidan con los agujeros de los esquineros del contenedor. Estos elementos generalmente se colocan cerca de los *twist-locks*.

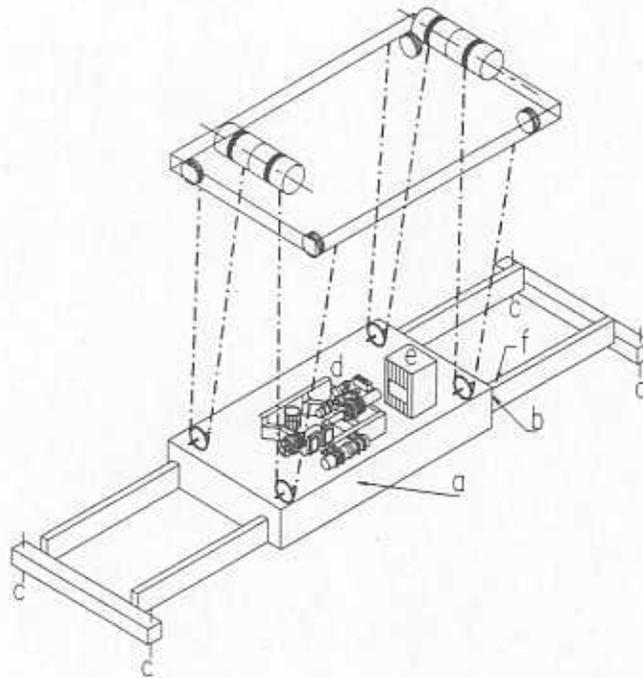


Figura 15a

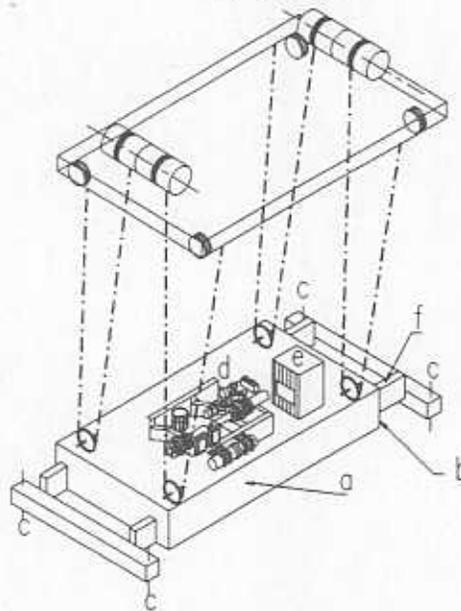


Figura 15b

Figura 15. Principales componentes de un "spreader".

En el caso del *spreader* telescópico, la estructura metálica se compone de elementos (marcos, vigas) extensibles que deben soportar la carga del contenedor, considerando por lo menos un 10% de excentricidad de su centro de masa, las inclinaciones lateral y longitudinal, las fuerzas dinámicas debidas a los movimientos acelerados y las fuerzas del viento.

La estructura generalmente se fabrica de placa de acero soldada tipo ASTM-A36 o de acero de alta resistencia tipo ASTM-A514. Las dimensiones de la estructura están estandarizadas según las normas DIN 15018, BS 2573 [22] e indicaciones de la F.E.M. [16].

En la mayoría de los casos la estructura se hace de perfiles cerrados tipo cajón, [13, 18], pero se encuentran también de perfiles laminados [21].

Por lo general, para el sistema telescópico se utilizan las siguientes opciones:

- 1) Dos cilindros telescópicos de carrera larga
- 2) Cadena de rodillos con motor hidráulico
- 3) Sistemas que combinan los cilindros (relativamente cortos) con cables o cadenas.

El sistema de dos cilindros de carrera larga, tiene gran aplicabilidad por su sencillez. Sin embargo, por ser los cilindros muy alargados, son muy susceptibles a fallas en caso de que sufran un golpe. Para tener una idea de su longitud, considere la extensión requerida para llevar un *spreader* de 20' a 40'. Esto es, cada cilindro debe extenderse $10' = (3.048 \text{ m.})$

El sistema telescópico a base de cadena de rodillos con motor hidráulico, aunque aparentemente más complicado, se compone de elementos sencillos y baratos, teniendo la capacidad de amortiguar golpes.

Los sistemas combinados por cilindros y cadenas o cables son relativamente escasos y su principio de funcionamiento se basa en multiplicar la carrera del marco móvil mediante el sistema de poleas con respecto a la carrera del cilindro.

El sistema de candado rotatorio (*twist-lock*), opera a base de cilindros hidráulicos. Normalmente se utiliza un cilindro para girar los dos candados de un extremo del *spreader*, aunque hay casos que utilizan 4 cilindros individuales. Las principales características que se requieren en este caso son:

- a) Seguridad de operación
- b) Fácil acceso y desmontaje rápido
- c) Posibilidad de operación manual.

Por seguridad en la operación, en el sistema de *twist locks* se incluyen dispositivos para el bloqueo del giro si el *spreader* no está bien asentado sobre el contenedor, así como la indicación del estado de los candados (cerrado-abierto).

El fluido hidráulico a presión es proporcionado por la unidad de potencia, que consta de un motor eléctrico de corriente alterna, una bomba de caudal variable, válvulas direccionales con solenoides, tanque de aceite, filtros y tuberías. Normalmente esta unidad se coloca dentro del marco fijo para protegerla contra golpes accidentales.

El *spreader* cuenta con un sistema de control, basado en un sistema lógico programable que controla funciones tales como ajuste de longitud, el giro de los cierres, que es permitido solamente bajo determinadas condiciones, desactivación del izaje si los candados no están o todos abiertos o todos cerrados.

El peso del *spreader* depende principalmente de su capacidad de carga, longitud máxima, velocidades y aceleraciones de operación y oscila entre 7 y 11 toneladas para una capacidad de 40 toneladas.

4. NORMALIZACION INTERNACIONAL

4.1 Factores Considerados

Para uniformizar los criterios en el cálculo de grúas existe amplia normalización en diversos países, sobre todo en los fabricantes de grúas. El asunto recibe gran atención ya que en la operación de cada grúa está involucrada la vida humana.

Las normas definen tanto la metodología para la determinación de las cargas y sus combinaciones, así como los procedimientos de cálculo de la resistencia y los esfuerzos permisibles.

En las normas se especifican los requerimientos generales en cuanto a rigidez, funcionalidad, seguridad de operación y dimensiones básicas. Asimismo, se dan indicaciones y criterios para la clasificación de grúas.

En general para fines de especificación de las grúas en las normas, se definen las siguientes cargas:

- Carga muerta. Carga relacionada con el peso propio de la grúa.
- Carga viva. Carga relacionada con la capacidad de levante de la grúa y que también incluye un factor de impacto vertical
- Carga de viento en operación.
- Carga de viento fuera de operación.
- Carga de choque.

En el caso de grúas portacontenedores, la carga viva está constituida por la carga sobre la estructura que es:

- El peso propio del carro
- Las cargas de los carritos portacables (según el modelo)
- La carga de trabajo de la grúa. (carga útil y el peso del *spreader*)

Con respecto a las cargas de viento, para grúas portacontenedores generalmente se toman dos condiciones de carga del viento:

- Carga del viento en operación (V_1)
- Carga de viento fuera de operación (V_2)
considerando $V_2 > V_1$.

4.2 Índice de normas relacionadas con grúas

1. ISO 2374:1983 - Lifting appliances - Range of maximum capacities for basic models.
- 2.- ISO 4301/1:1986 - Cranes and Lifting appliances - Classification - Part 1: General
- 3.- ISO 4301/2:1985 Lifting appliances - Classification - Part 2: Mobile cranes.
- 4.- ISO 4301/3:1993 Cranes - Classification - Part 3: Tower crane.
- 5.- ISO 4301/4: 1989 Cranes and related equipment - Classification - Part 4: Jib cranes.
6. ISO 4301/5:1991 - Cranes - Classification - Part 5: Overhead travelling and portal bridge cranes.
7. ISO 4302:1981 - Cranes - Wind load assessment.
8. ISO 4304:1987 - Cranes other than mobile and floating cranes - General requirements for stability.
- 9.- ISO 4305:1991 Mobile cranes - Determination of stability.
- 10.- ISO 4306/1:1990 - Cranes - Vocabulary - Part 1: General.
- 11.- ISO 4306/2:1994 - Cranes - Vocabulary - Part 2: Mobile cranes.

- 12.- ISO 4306/3:1991 - Cranes - Vocabulary - Part 3: Tower cranes.
13. ISO 4308/1:1986 - Cranes and lifting appliances - Selection of wire ropes. Part 1: General.
14. ISO 4308/2:1988 - Cranes and lifting appliances - Selection of wire ropes. Part 2: Mobil cranes - Coefficient of utilization.
15. ISO 4309:1990 - Cranes - Wire ropes - Code of practice for examination and discard.
16. ISO 4310:1981 - Cranes - Test code and procedures.
17. ISO 7296/1:1991 - Cranes - Graphic symbols - Part 1: General.
18. ISO/DIS 7296/2 - Cranes - Graphic symbols - Part 2: Mobile cranes.
19. ISO 7363:1986 - Cranes and lifting appliances - Technical characteristics and acceptance documents.
20. ISO 7752/1:1983 - Lifting appliances - Controls - Layout and characteristics - Part 1: General principles.
21. ISO 7752/2:1985 - Lifting appliances - Controls - Layout and characteristics - Part 2: Basic arrangement and requirements for mobile cranes.
22. ISO 7752/3:1993 - Cranes - Controls - Layout and characteristics - Part 3: Tower cranes.
23. SO 7752/4:1989 - Cranes - Controls - Layout and characteristics - Part 4: Jib cranes.
24. ISO 7752/5:1985 - Lifting appliances - Controls - Layout and characteristics - Part 5: Overhead travelling cranes and portal bridge cranes.
- 25.- ISO 8087:1985 Mobile cranes - Drum and sheave sizes.

26. ISO 8306:1985 - Cranes - Overhead travelling cranes and portal bridge cranes - Tolerances for cranes and tracks.
27. ISO 8431:1988 - Shipbuilding - Fixed jib cranes - Ship - Mounted type for general cargo handling.
28. ISO 8566/1:1992 - Cranes - Cabins - Part 1: General.
29. ISO 8566/2:1995 - Cranes - Cabins - Part 2: Mobile cranes.
30. ISO 8566/3:1992 - Cranes - Cabins - Part 3: Tower cranes.
31. ISO/DIS 8566/4:1992 - Cranes - Cabins - Part 4: Jib cranes.
32. ISO 8566/5:1992 - Cranes - Cabins - Part 5: Overhead travelling and portal bridge cranes.
33. ISO 8686/1:1989 - Cranes - Design principles for loads and load combinations - Part 1: General.
34. ISO/DIS 8686/3:1989 - Cranes - Design principles for loads and load combinations - Part 3: Tower cranes.
35. ISO 8686/5:1992 - Cranes - Design principles for loads and load combinations - Part 5: Overhead travelling and portal bridge cranes.
36. ISO 9373:1989 - Cranes and related equipment - Accuracy requirements for measuring parameters during testing.
37. ISO 9374/1:1989 - Cranes - Information to be provided - Part 1: General.
38. ISO 9374/4:1989 - Cranes - Information to be provided - Part 4: Jib cranes.
39. ISO 9374/5:1991 - Cranes - Information to be provided - Part 5: Overhead travelling and portal bridge cranes.

40. ISO 9926/1:1990 - Cranes - Training of drivers - Part 1: General.
41. ISO 9927/1:1994 - Cranes - Inspections - Part 1: General.
42. ISO 9928/1:1990 - Cranes - Crane driving manual - Part 1: General.
43. ISO 10245/1:1994 - Cranes - Limiting and indicating devices - Part 1: General.
44. ISO 10245/2:1994 - Cranes - Limiting and indicating devices - Part 2: Mobile cranes.
45. ISO/DIS 10245/4 - Cranes - Limiting and indicating devices - Part 4: Jib cranes.
46. ISO/DIS 10245/5 - Cranes - Limiting and indicating devices - Part 5: Overhead travelling and portal bridge cranes.
47. ISO 10571:1995 - Tyres for mobile cranes and similar specialized machines.
48. ISO 10973:1995 - Cranes - Spare parts manual.
49. ISO/DIS 11630 - Cranes - Alignment of wheels - Method of measurement.
50. ISO/DIS 11660/1 - Cranes - Access, guards and restraints - Part 1: General.
51. ISO 11660/2:1994 - Cranes - Access, guards and restraints - Part 2: Mobile cranes.
52. ISO/DIS 11660/3 - Cranes - Access, guards and restraints - Part 3: Tower cranes.
53. ISO/DIS 11660/4 - Cranes - Access, guards and restraints - Part 4: Jib cranes.
54. ISO/DIS 11661 - Mobile cranes - Rated capacity chart presentation.

55. ISO 11662/1:1995 - Mobile cranes - Experimental determination of crane performance - Part 1: Tipping loads and radii.
56. ISO/DIS 11927 - Cranes - Test - Vocabulary.
57. ISO/DIS 11994 - Cranes - Availability - Vocabulary.
58. ISO/DIS 12210/1 - Cranes - Out of service anchoring devices - Part 1: General.
59. ISO/DIS 12210/4 - Cranes - Out of service anchoring devices - Part 4: Jib cranes.
60. ISO/DIS 12478/1 - Cranes - Maintenance manual - Part 1: General.
61. ISO/DIS 12480/1 - Cranes - Safe use - Part 1: General.
62. ISO 12482/1:1995 - Condition monitoring - Part 1: General.
63. ISO/DIS 12485 - Cranes - Stability requirements of tower cranes.
64. ISO/DIS 13200 - Cranes - General principles for safety signs and hazard pictorials.
65. Federation Européene de la Manutention (F.E.M.) Rules - Section I, Heavy Lifting Equipment, 2nd Edition, Dec. 1987 and Addendum.
66. C.M.A.A. Specification #70 for Electric Overhead Traveling Cranes, Revised 1975.
67. DIN 15018 Part 1:1984 - Cranes; Principles for steel structures stress analysis.
68. DIN 15018 Part 2:1984 - Cranes - Structures of steel - Design principles.
69. DIN 15018 Part 3:1984 - Cranes - Structures of steel - Stress analysis of mobile cranes.

70. BS 466:1984, British Standard Specification for "Power driven overhead travelling cranes, semi-goliath and goliath cranes for general use", British Standard Institution, 1984.
71. BS 2573 : Part 1 : 1983, British Standard "Rules for the design of cranes; Part 1. Specification for classification, stress calculations and design criteria for structures", British Standard Institution, 1983
72. BS 2573 : Part 2 : 1980, Specification for "Permissible stresses in cranes and design rules; Part 2. Mechanisms", British Standard Institution, 1980.
73. BS 5744:1979 - Code of practice for safe use of cranes.
74. ANSI/ASME B30.2 - 1983, "Overhead and Gantry Cranes (Top Running Bridge, Single or Multiple Girder, Top Running Trolley Hoist)", Safety Standards for Cableways, Cranes, Derricks, Hoists, Hooks, Jacks and Slings, The American Society of Mechanical Engineers, New York, 1983
75. Manual de Diseño de Obras Civiles de la Comisión Federal de Electricidad. Sección Estructuras. Diseño por Sismo. IIE-CFE, México, 1988.

5. REFERENCIAS

1. "Far East fuels yard gantry supremacy", CARGOWARE INTERNATIONAL, December 1989.
2. "Yard gantries gain more height", CARGOWARE INTERNATIONAL, December 1989.
3. "Users give views on straddles and gantries", CARGOWARE INTERNATIONAL, December 1989.
4. "Yard equipment survey looks to the future", CARGOWARE INTERNATIONAL, January 1990.
5. "Rules for Certification of Cargo Containers", 1983, American Bureau of Shipping, New York, U.S.A.
6. "Rules for Certification of Cargo Containers", Det norske Veritas,
7. Norma ISO 3874, Contenedores, Cargas.
8. Norma ISO 1161, Twist-locks
9. A. Piatkiewicz, R. Sobolski, ["Grúas"] "Dzwignice", Tomo I y II, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa, 1978.
10. Shapiro, H. "Cranes and Derricks",
11. J. Kogan, "Crane Design: Theory and Calculations of Reliability", Israel Universities Press, Jerusalem, 1976
12. Fédération Européene de la Manutention (F.E.M.), "Rules for the Design of Hoisting Appliances", ed., Paris, 1987
13. Folleto "Hoisting Equipment", CAILLARD, Le Havre, 1990
14. Folleto "Ferranti Karritainer R.T.G. Crane", FERRANTI CONTAINER HANDLING LTD., Oldham, 1990
15. Folleto "Ferranti Van Carrier DP Series", FERRANTI CONTAINER HANDLING LTD. Oldham, 1990

16. Folleto "The Paceco Transtainer Crane", CEMCO -Coast Engineering & Manufacturing Company, Gulfport, 1990
17. Folleto "Job Engineered Cranes for Ports", Ederer Incorporated, Seattle, 1985
18. Catálogo de Spreaders, BROMMA CONQUIP AB, Stockholm, 1990
19. Catálogo de Equipos para el Manejo de Materiales, Valmet Materials Handling Equipment Division, Tampere, 1990
20. Catálogo de Equipo para el Manejo de Contenedores, Noell GmbH - PEINER Port Equipment & Cranes, Langenhagen, 1990
21. Manual de Operación y Mantenimiento de la Grúa SST - 100, Marathon LeTourneau Company, Houston, 1989
22. ANSI/ASME B30.2 - 1983, "Overhead and Gantry Cranes (Top Running Bridge, Singles or Multiple Girder, Top Running Trolley Hoist)", Safety Standards for Cableways, Cranes, Derricks, Hoists, Hooks, Jacks and Slings, The American Society of Mechanical Engineers, New York, 1983
23. BS 466:1984, British Standard Specification for "Power driven overhead travelling cranes, semi-goliath and goliath cranes for general use", British Standard Institution, 1984
24. BS 2573 : Part 1 : 1983, British Standard "Rules for the design of cranes; Part 1. Specification for classification, stress calculations and design criteria for structures", British Standard Institution, 1983
25. BS 2573 : Part 2 : 1980, Specification for "Permissible stresses in cranes and design rules; Part 2. Mechanisms", British Standard Institution, 1980
26. "Facing up to the bigger box", CARGOWARE INTERNATIONAL, October 1990
27. "Japanese crane makers prosper overseas", CARGOWARE INTERNATIONAL, February 1991